

SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND MANUFACTURING METHOD

Publication Number: 2001-267544 (JP 2001267544 A) , September 28, 2001

Inventors:

- KAWASAKI TAKAYUKI

Applicants

- SHARP CORP

Application Number: 2000-078028 (JP 200078028) , March 21, 2000

International Class:

- H01L-027/14
- H01L-027/146
- H04N-005/335

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state image pickup device which can eliminate noise in a picked up image caused by an unwanted incident light and can meet requirements of future miniaturization of pixels. **SOLUTION:** 1st-3rd embedded metal layers 5, 8 and 11, which surround a light-receiving part 3 on a P-type semiconductor substrate 1 three-dimensionally in a fence shape, are embedded continuously in grooves of 1st-3rd insulating films 4, 7 and 10. The whole outside of the top part of the 3rd embedded metal layer 11 is covered with a light shielding 3rd layer metal 12. The 1st-3rd embedded metal layers 5, 8 and 11 are composed of single layer films of Cu.W.TiW or composite films of Cu.W.TiW and TiN.TiW.Ti. The 3rd layer metal 12 is composed of a single layer film of Al.Al-Si.Al-Cu.Cu.W or a composite film of Al.Al-Si.Al-Cu.Cu.W and W.TiN.TiW.Ti and are formed simultaneously, when wiring metal films of a transistor are formed so as not to be connected electrically to the wiring metal films. COPYRIGHT: (C)2001,JPO

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 7039910

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-267544

(P 2001-267544A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001. 9. 28)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 1 L 27/14

H 0 4 N 5/335

U 4M118

27/146

E 5C024

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

D

A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-78028 (P2000-78028)

(22) 出願日 平成12年3月21日 (2000. 3. 21)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 川崎 隆之

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

Fターム (参考) 4M118 AA01 AA10 AB01 BA14 CA03

CA40 CB14 FA06 FA28 GB14

GB15 GB17 GD04

5C024 AX01 CX01 CX03 CY47 GX02

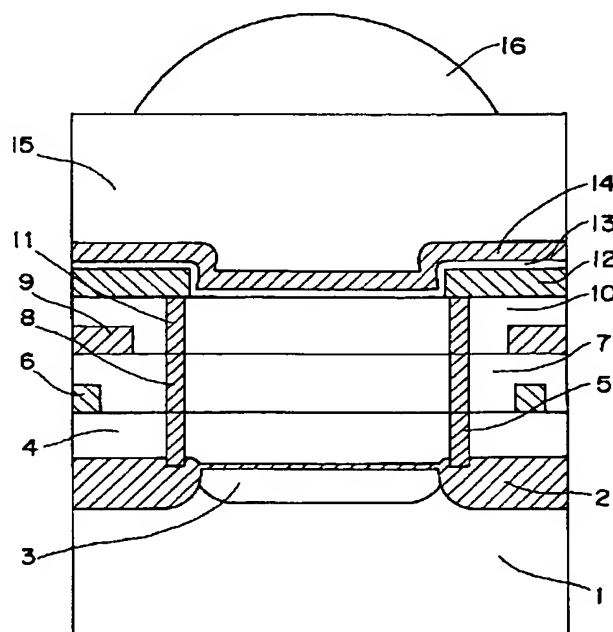
GY33

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 不要入射光による撮像画像のノイズを無くし、将来の画素微細化にも対応できる固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 P型の半導体基板1上の受光部3を3次元的にフェンス状に囲む第1～第3埋め込み金属層5, 8, 11を第1～第3絶縁膜4, 7, 10の溝に連続的に埋め込む。第3埋め込み金属層11の頂部外側全体を遮光用の3層目メタル12で覆う。第1～第3埋め込み金属層5, 8, 11は、Cu・W・TiWの単層膜、またはCu・W・TiWとTiN・TiW・Tiとの複合膜を用いて形成し、3層目メタル12は、Al・Al-Si・Al-Cu・Cu・Wの単層膜、またはAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜を用いてトランジスタの配線用金属膜と同時にこれと電気的に接続しないように形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一導電型の半導体基板上に、受光部と複数のトランジスタで構成された画素セルがマトリックス状に配置され、上記複数のトランジスタを駆動するための駆動回路を備えた固体撮像装置において、

上記受光部をフェンス状に囲む少なくとも 2 層以上の溝状の埋め込み金属層が積層された構造を有することを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の固体撮像装置において、最下層の上記溝状の埋め込み金属層の下部にフローティングゲートが設けられていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の固体撮像装置において、上記少なくとも 2 層以上の溝状の埋め込み金属層の間に、上記受光部を囲む遮光用の金属層が設けられていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の固体撮像装置において、上記溝状の埋め込み金属層と上記遮光用の金属層は、上記受光部を囲う面積が上層になるほど大きいことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 5】 請求項 3 または請求項 4 に記載の固体撮像装置において、上記遮光用の金属層の側面は、テーパ形状を呈していることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 6】 請求項 3 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の固体撮像装置において、上記遮光用の金属層は、上記トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動回路の配線用金属膜と同時に形成され、かつこの配線用金属膜と電気的に接続していないことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載の固体撮像装置において、上記溝状の埋め込み金属層として、Cu・W・TiW の単層膜、または Cu・W・TiW と TiN・TiW・Ti との複合膜を用いることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載の固体撮像装置において、上記遮光用の金属層として、Al・Al-Si・Al-Cu・Cu・W の単層膜、または Al・Al-Si・Al-Cu・Cu・W と W・TiN・TiW・Ti との複合膜を用いることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 9】 一導電型の半導体基板上に、受光部と複数のトランジスタで構成された画素セルがマトリックス状に配置され、上記複数のトランジスタを駆動するための駆動回路を備えた固体撮像装置の製造方法において、上記受光部を囲むように受光部上の絶縁膜を少なくとも 2 回以上溝状に除去し、この溝内に金属層を埋め込む工程を含むことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の固体撮像装置の製造方法において、上記溝内に埋め込まれる金属層は、上記トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動

回路の配線接続孔用の金属層と同時に形成されることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体撮像装置およびその製造方法に関し、より詳しくは、駆動用回路への光の入射によるノイズの発生を抑えることのできる固体撮像装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、固体撮像装置、特に、受光部と各受光部をドライブするためのトランジスタをアレイ状に配置し、さらに受光領域周辺に駆動用回路を配置した CMOS 型(相補型金属酸化膜半導体)固体撮像装置の受光部は、図 11、図 12、図 13 に示すような構造を有する。これらの CMOS 型固体撮像装置は、アレイ状に配置した受光部の夫々が複数のドライブ用トランジスタをもつ構造となっており、その場合、ドライブ用トランジスタに接続する配線層と、トランジスタへの光入射によるノイズを抑える遮光用の金属膜層との双方を受光領域内に配置する必要がある。CMOS 型固体撮像装置は、一般に 2 層以上の多層メタルプロセスを用いて製造されており、例えば 3 層メタルプロセスによるものは、図 11 に示すような構造を有する。

【0003】図 11 の CMOS 型固体撮像装置は、P 型半導体(シリコン)の基板 21 上に、N 型不純物層からなる受光部 23 と、この受光部 23 とドライブ用のトランジスタを分離するためのシリコン酸化膜 22 を形成し、これらの上に形成した絶縁膜 24 にドライブ用トランジスタや周辺回路に接続する接続孔(図示せず)を設け、この接続孔内に W・TiN・TiW 等の高融点金属層を単層または多層で埋め込んだ後、配線として使用する 1 層目メタル 26 を Al・Al-Si・Al-Cu 等の単層膜またはこれらと TiN・Ti・TiW 等との多層膜により形成する。さらに、1 層目メタル 26 および絶縁膜 24 の上にシリコン酸化膜等の絶縁膜 27 を形成し、CMP(メカノケミカルポリッシング)等により平坦化した後、ドライブ用トランジスタや周辺回路での多層配線を行うための接続孔(図示せず)を同様に設け、この接続孔内に W・TiN・TiW 等の高融点金属層を単層または多層で埋め込んだ後、遮光用(トランジスタ部では配線用)として使用する 2 層目メタル 29 を Al・Al-Si・Al-Cu 等の単層膜またはこれらと TiN・Ti・TiW 等との多層膜により受光部 23 上を除いて全面を覆うように形成する。

【0004】次いで、シリコン酸化膜等の絶縁膜 30 を形成し、CMP 等により平坦化後、この上に Al・Al-Si・Al-Cu 等の単層膜またはこれらと TiN・Ti・TiW 等との多層膜により 3 層目メタルを形成するが、この例では、3 層目メタルは受光部領域周辺での駆動回路のみで用いられ、受光部 23 上では総て取り除かれるので、図 11 には示されていない。また、2 層目メタル 29 を

遮光に用いているのは、3層目メタルで遮光を行なうと、後に形成するマイクロレンズ36との距離が短くなって、集光上不利になるため、できるだけ基板21に近い低い位置のメタルで遮光するためである。最後に、絶縁膜30上に表面保護膜33,34としてシリコン酸化膜やシリコン窒化膜を単層または多層で形成し、さらに平坦化膜35およびアクリル系材料からなるマイクロレンズ36を形成して、CMOS型固体撮像装置としている。

【0005】一方、最近の画素の高精細化に伴い1つの画素面積が小さくなり、トランジスタ駆動用の配線が1層目メタル26だけでは不足し、配線が困難になりつつあるため、図12に示す2層目メタル29も配線に用いる方法や、図13に示す1層目メタル26および2層目メタル29を配線に用い、3層目メタル37を遮光に用いる方法も採用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図12に示す1層目メタル26と2層目メタル29の双方を配線に用いる構造では、配線用金属膜を遮光用金属膜と兼用する構造であるため、所々で金属膜が開いていて、マイクロレンズ36で集光していても、斜めからの入射光や乱反射光があった場合、受光部23のドライブ用トランジスタに光が入射して、撮像画像にノイズ成分が現われるという問題がある。また、上面からみて完全に遮光されている図11や図13の構造においても、各メタル26,29間には500~1000nmの層間絶縁膜27が存在するため、斜め入射光や乱反射光のドライブ用トランジスタへの入射は避けられず、その結果、撮像画像にノイズ成分が現われる。

【0007】そこで、本発明の目的は、製造プロセスにおいて工程数を増加することなく、トランジスタ部への入射光を完全に防ぐことができ、撮像画像のノイズを無くし、将来の画素微細化にも対応できる固体撮像装置およびその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、一導電型の半導体基板上に、受光部と複数のトランジスタで構成された画素セルがマトリックス状に配置され、上記複数のトランジスタを駆動するための駆動回路を備えた固体撮像装置において、上記受光部をフェンス状に囲む少なくとも2層以上の溝状の埋め込み金属層が積層された構造を有することを特徴とする。

【0009】請求項1の固体撮像装置では、受光部をフェンス状に囲む少なくとも2層以上の溝状の埋め込み金属層が積層されている。つまり、上記受光部は、上方を除く周辺部が遮光用の金属膜で単に平面的に覆われた従来の受光部と異なり、マイクロレンズから受光部へ垂直に入射する光の光路以外の部分が総て遮光用金属膜で

次的にフェンス状に覆われた構造によって、受光部以外の領域への光の入射を完全に防いだものである。より詳しくは、従来から配線接続孔の埋め込み用として用いていた高融点金属膜層などの埋め込み金属層を、受光部を囲むパターンでフェンス状に形成した溝に埋め込み、これをメタル層の数だけ垂直上方へ連続するように繰り返した後、最後のメタル層を受光部上以外の総ての部分に覆うパターンで形成して、受光部以外の領域の遮光を完全にしたものである。

【0010】受光部上以外の総ての部分に覆う遮光パターンを最後(最上)のメタル層で形成することは、既に述べたマイクロレンズの集光上、遮光用金属膜をできるだけ下層に形成した方がよいという事実と反しない。なぜなら、従来のように受光部23以外を遮光膜のみで遮光する場合は、遮光膜を、図1(C)の37のように上層に形成すると、マイクロレンズ36で収束された斜め入射光が遮光膜37で反射され、受光部23への入射光量が減少するが、図1(B)の29のように下層に形成すると、斜め入射光も受光部23に達して入射光量が増加するので、遮光膜をできるだけ基板21に近い下層に形成する必要があった。しかし、本発明では、図1(A)に示すように、遮光用として受光部3を3次的に囲むように形成したフェンス状の金属膜層19が斜め入射光を反射し、受光部3に導く導波効果をもたらすので、遮光膜(遮光メタル層)12をマイクロレンズ16と略同じ上層に形成しても入射光量が減少しないのである。従って、マイクロレンズ16の集光をマイクロレンズ16から近い位置に設計することが可能になり、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも対応できるという利点をもつことになる。

【0011】つまり、請求項1の固体撮像装置によれば、受光部以外のトランジスタ部に入射する光を完全に防いで、過剰な光や斜め入射光によるノイズの発生をなくするとともに、マイクロレンズによる光の集光を基板から高い位置に設計することができ、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも充分に対応できるのである。

【0012】請求項2の固体撮像装置は、最下層の上記溝状の埋め込み金属層の下部にフローティングゲートが設けられていることを特徴とする。

【0013】請求項2の固体撮像装置では、受光部をフェンス状に囲む埋め込み金属層の下部にフローティングゲートが設けられているので、請求項1の作用効果に加えて、埋め込み用の溝を形成する際のエッチングをフローティングゲート上で止めることができ、溝形成エッチングを容易に行なうことができる。なお、フローティングゲートの形成は、トランジスタ部におけるゲート電極の形成と同時に行なうことができるので、これによって製造プロセスの工程数が増加することはない。

【0014】請求項3の固体撮像装置は、上記少なくとも

も2層以上の溝状の埋め込み金属層の間に、上記受光部を囲む遮光用の金属層が設けられていることを特徴とする。

【0015】受光部をフェンス状に囲む少なくとも2層以上の溝状の埋め込み金属層を半導体基板上に重ね合わせ、金属層の幅が同じであることから、相互の位置合わせが難しい。しかし、請求項3の固体撮像装置では、これらの金属層の間に受光部を囲む遮光用の金属層が設けられているので、請求項1の作用効果に加えて、この遮光用の金属層の幅を上記金属層の幅よりも大きくすることによって、上下の金属層を容易に位置合わせしつつ連続的に接続することができる。

【0016】請求項4の固体撮像装置は、請求項3の溝状の埋め込み金属層と遮光用の金属層は、上記受光部を囲う面積が上層になるほど大きいことを特徴とする。

【0017】請求項3で述べたように幅の大きい遮光用の金属層を介して上下の埋め込み金属層を重ね合わせると、マイクロレンズなどで集光した光の受光部への導波効果が乱反射等の影響によって低下するが、請求項4の固体撮像装置では、上記埋め込み金属層および遮光用の金属層の受光部を囲む面積が上層になるほど大きくなっているため、導波効果をもつフェンス状のこれら金属層が上に向かってテーパ状に広がる。従って、請求項1の作用効果に加えて、マイクロレンズで集光された斜め入射光が妨げられたり乱反射されにくくなって、受光部への入射光量を一層増すことができる。

【0018】請求項5の固体撮像装置は、請求項3または4の遮光用金属層の側面が、テーパ形状を呈していることを特徴とする。

【0019】請求項5の固体撮像装置では、上下の埋め込み金属層間の遮光用金属層の側面がテーパ形状を呈しているため、請求項1の作用効果に加えて、導波効果をもつフェンス状の金属層の内周面に直角の突起がなくなるので、マイクロレンズで集光された斜め入射光が妨げられたり乱反射されにくくなって、受光部への入射光量を一層増すことができる。

【0020】請求項6の固体撮像装置は、請求項3乃至5の遮光用の金属層が、トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動回路の配線用金属膜と同時に形成され、かつこの配線用金属膜と電気的に接続していないことを特徴とする。

【0021】請求項6の固体撮像装置では、上下の埋め込み金属層を繋ぐ遮光用の金属層が、トランジスタやその駆動回路の配線金属膜と同時に形成、つまり配線金属膜の形成と同一工程で行なわれるので、遮光用の金属層の形成で製造プロセスの工程数が増加することではなく、製造工程数を増やすことなく請求項3乃至5の作用効果を奏することができる。

【0022】請求項7の固体撮像装置は、上記溝状の埋め込み金属層として、Cu・W・TiWの単層膜、または

Cu・W・TiWとTiN・TiW・Tiとの複合膜を用いることを特徴とする。

【0023】請求項7の固体撮像装置では、導波効果をもつフェンス状の埋め込み金属層として、受光部をドライブ用トランジスタや周辺回路に接続するために接続孔に埋め込まれる一般的な高融点金属であるCu・W・TiWの単層膜、またはCu・W・TiWとTiN・TiW・Tiとの複合膜を用いているので、導波効果をもつフェンス状の埋め込み金属層を、接続孔への高融点金属の埋め込み工程と同一工程で形成でき、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【0024】請求項8の固体撮像装置は、上記遮光用の金属層として、Al・Al-Si・Al-Cu・Cu・Wの単層膜、またはAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜を用いることを特徴とする。

【0025】請求項8の固体撮像装置では、上下の埋め込み金属層を繋ぐ遮光用の金属層として、ドライブ用のトランジスタや周辺回路部のトランジスタの配線に一般的に用いられるAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・Wの単層膜、またはAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜を用いているので、上記遮光用の金属層を、トランジスタの配線工程と同一工程で形成でき、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【0026】請求項9の発明は、一導電型の半導体基板上に、受光部と複数のトランジスタで構成された画素セルがマトリックス状に配置され、上記複数のトランジスタを駆動するための駆動回路を備えた固体撮像装置の製造方法において、上記受光部を囲むように受光部上の絶縁膜を少なくとも2回以上溝状に除去し、この溝内に金属層を埋め込む工程を含むことを特徴とする。

【0027】請求項9の固体撮像装置の製造方法では、受光部を囲むように受光部上の絶縁膜を少なくとも2回以上溝状に除去し、この溝内に金属層を埋め込むので、製造された固体撮像装置の受光部は、マイクロレンズから受光部へ垂直に入射する光の光路以外の部分が総て遮光用金属膜で3次的にフェンス状に覆われた構造になって、受光部以外の領域への光の入射が完全に防がれる。従って、請求項1で述べたように、過剰な光や斜め入射光によるノイズの発生をなくするとともに、マイクロレンズによる光の集光を基板から高い位置に設計することができ、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも充分に対応できる。

【0028】請求項10の固体撮像装置の製造方法は、上記溝内に埋め込まれる金属層が、上記トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動回路の配線接続孔用の金属層と同時に形成されることを特徴とする。

【0029】請求項10の固体撮像装置の製造方法では、溝内に埋め込まれる金属層が、トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動回路の配線接続孔用

の金属層と同時に形成されるので、受光部をフェンス状に囲み、導波効果をもつ金属層を、トランジスタやその駆動回路の配線接続孔用の金属層と同時、つまり同一工程で形成できるから、導波効果をもつフェンス状の金属層の形成で製造プロセスの工程数が増加することはなく、製造工程数を増やすことなく請求項9の作用効果を奏することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。本発明の固体撮像装置は、一導電型の半導体基板上に受光部と複数のトランジスタで構成された画素セルをマトリクス状に配置し、その周辺に上記トランジスタを駆動するための駆動回路を配置してなり、図2は、請求項1, 6~8に記載の固体撮像装置の一実施形態である固体撮像素子(画像セル)の断面図を示している。上記固体撮像素子は、P型の半導体基板1表面に燐、砒素などのN型不純物をドーピングして設けられた受光部3と、この受光部3の両側をドライブ用トランジスタと分離する素子分離絶縁膜2と、受光部3および素子分離絶縁膜2の表面を覆う第1絶縁膜4と、この第1絶縁膜4に受光部3をフェンス状に囲むように設けられた溝に遮光のために埋め込まれた第1埋め込み金属層5と、受光部上方を除く第1絶縁膜4上にドライブ用または周辺回路のトランジスタとの配線のために設けられた1層目金属6を備えている。

【0031】上記固体撮像素子は、次に上記第1絶縁膜4および1層目金属6を覆う第2絶縁膜7と、この第2絶縁膜7に受光部3をフェンス状に囲むように設けられた溝に上記第1埋め込み金属層5の上方に連続するように埋め込まれた第2埋め込み金属層8と、受光部上方を除く第2絶縁膜7上にトランジスタとの配線のために設けられた2層目金属9を備え、更に第2絶縁膜7および2層目金属9を覆う第3絶縁膜10と、この第3絶縁膜10に同様にフェンス状に設けられた溝に埋め込まれた第3埋め込み金属層11と、第3絶縁膜10上にフェンス状の埋め込み金属層5, 7, 10の外側を総て覆う遮光膜としての3層目金属12と、第3絶縁膜10および3層目金属を覆う2層の表面保護膜13, 14と、表面保護膜14上の平坦化膜15と、集光のため最上部に設けられたマイクロレンズ16を備えている。

【0032】上記第1, 第2, 第3絶縁膜4, 7, 10は、夫々1層目, 2層目, 3層目金属6, 9, 12の下地となるため、金属の微細化を促す平坦性をもった燐、砒素を含むシリコン酸化(BPSG)膜からなる。第1, 第2, 第3埋め込み金属層5, 7, 10には、接続、配線用に一般的な高融点金属であり、遮光にも用いることができるCu・W・TiWの単層膜、またはCu・W・TiWとTiN・TiW・Tiとの複合膜を用い、各絶縁膜4, 7, 10に設けられるフェンス状の溝は、ドライブ用トランジスタや周辺回路への接続孔の形成と同一工程で形成され

る。上記1層目, 2層目, 3層目金属6, 9, 12には、トランジスタの配線用に一般的で遮光性をもつAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・Wの単層膜、またはAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜を用いる。上記表面保護膜13, 14には、シリコン窒化膜・シリコン酸化膜・燐を含んだシリコン酸化膜(PSG膜)・SiON膜などの単層膜または多層膜を用いることができるが、本実施の形態では、PSG膜と表面の安定性に優れたシリコン窒化膜との多層膜を用いた。また、マイクロレンズ16およびその下地である平坦化膜15は、アクリル系材料からなる。

【0033】請求項9, 10の製造方法の一例の説明を兼ねて、図2で述べた固体撮像素子の製造方法について図3~図5を参照しつつ説明する。まず、図3(A)に示すように、P型シリコンの半導体基板1上に受光部3とドライブ用トランジスタや周辺回路トランジスタとを分離する絶縁膜2をシリコンの熱酸化により形成する。酸化条件として、950~1100℃の炉中に水素と酸素ガスを導入して、炉内の半導体基板1の表面に200~600nmのシリコン酸化膜を形成する。なお、受光部3の周辺のトランジスタ等は示されていない。次に、受光部となる部分にリン・砒素等のN型不純物をイオン注入して受光部3を形成する。次に、図3(B)に示すように、1層目金属6(図3(C)参照)の下地となる第1絶縁膜4をシリコン酸化膜により形成するが、シリコン酸化膜4には、配線用の1層目金属6を微細化させるため平坦性をもったものが望ましいので、燐・砒素を含んだシリコン酸化膜(BPSG膜)を用いた。半導体基板1を収容した常圧CVD装置に、SiH₄ガスを70~100cc/min.、PH₃ガスを150~250cc/min.、B₂H₆ガスを150~250cc/min.、O₂ガスを2~3 l/min.で夫々導入し、400~500℃の温度で成膜を行ない、膜中に含まれる燐の濃度を3.0~3.5mol%、砒素の濃度を3.0~3.5wt%として、900~1000℃の温度で熱処理を行なって平坦化された第1絶縁膜4を得た。

【0034】その後、図3(B)の右側の平面図に示すように、受光部3を囲むパターンでフェンス状の遮光膜となる埋め込み金属層5用の溝を形成するが、受光部3の不要電荷を吐き出すためのリセットトランジスタを隣接して設ける必要上、上記溝は、平面図に5aで示すように一部切断されたパターンとしている。溝の一部が切断されているのは、溝の形成をドライエッチングで行なうため、厚い第1絶縁膜4が形成された部分ではエッチングを止めることができるが、第1絶縁膜4がない引出し部5aに溝を作るとエッチングを止めることができず、半導体基板1へダメージを与えるからである。上記溝の形成および後の埋め込み金属層5の埋め込みは、受光部3のドライブ用トランジスタや周辺回路部トランジスタへの接続孔の形成、およびコンタクト抵抗を下げるためのコンタクトの埋め込みと同一工程で行なえるので、製

造プロセスの工程数が増加することはない。

【0035】ここで、受光部周辺のフェンス状の溝への埋め込み金属層5の埋め込みは、トランジスタ部でのコンタクト用の高融点金属膜のCVD成長、エッチバックと同一工程になるので、上記溝をコンタクト径以下の幅にする必要がある。そのため、上記溝およびトランジスタ部でのコンタクトのエッチングは、RIE(反応性イオンエッチング)を用い、処理室の圧力を100~300Pa、CHF₃ガス流量を20~100sccm、CF₄ガス流量を5~50sccm、Arガス流量を500~1000sccm、電極のRFパワーを500~1000Wにして、受光部周辺の厚い絶縁膜4の途中でエッチングが止まるようなエッチング時間で処理する。そして、溝およびコンタクト内への高融点金属膜5の埋め込みは、TiN等の材料をスパッタリング等の方法で成膜した後、六弗化タングステン(WF₆)とアルゴン・水素(H₂)・窒素(N₂)を原料ガスに用いた減圧CVD法等により、5000~10000Paの圧力、250~650℃の成長温度でタングステンの成膜を行う。

【0036】次に、別のRIEチャンバにウェハを移し、処理室の圧力を15~50Pa、SF₆ガス流量を50~200sccm、Arガス流量を50~150sccm、Heガス流量を2~20sccm、電極のRFパワーを300~700Wにして、タングステン下のTiN膜が露出するまで高融点金属膜をエッチングした後、例えばECR(電子サイクロトロン共鳴)型プラズマエッチング装置等を用い、処理室の圧力を0.1~3Pa、BCl₃ガス流量を20~100sccm、SF₆ガス流量を10~50sccm、マイクロ波のパワーを200~500W、バイアスRFのパワーを20~100Wとして、絶縁膜4が露出するまでTiNのエッチングを行なう。こうして、図3(B)に示すように、フェンス状の遮光膜としての埋め込み金属層5が形成される。続いて、受光部3のドライブ用や周辺回路部用のトランジスタで配線として用いる1層目金属6をAl・Al-Si・Al・Cu・Cu・Wの単層膜またはAl・Al-Si・Al・Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜としてスパッタリング等の方法で成膜した後、フォトリソエッチングによって配線6を形成する。ドライエッチングの条件は、例えばECR型プラズマエッチング装置を用い、処理室の圧力を0.1~3Pa、BCl₃ガス流量を20~100sccm、Cl₂ガス流量を20~100sccm、マイクロ波のパワーを200~500W、バイアスRFのパワーを20~100Wとした。なお、本実施の形態では、図3(C)に示すように、受光部3上方の1層目金属は全面除去されている。なお、図3(C)の右側の平面図では、配線6は省略している。

【0037】その後、2層目金属9(図4(E)参照)の下地となる第2絶縁膜7としてのシリコン酸化膜を、CVD等で成膜した後、CMP(メカノケミカルポリッシング)等で平坦化し、受光部を囲む上記埋め込み金属層5上に重なるように2層目のフェンス状の埋め込み金属

層8およびトランジスタ部での金属層間接続用の接続孔を、上述の埋め込み金属層5および1層目の接続孔の形成と同様の方法で形成して、図3(D)に示すようなフェンス状の埋め込み金属層8が得られる。なお、2層目の埋め込み金属層8は、受光部3から引き出されるリセットトランジスタへの配線の問題がないので、図3(D)の平面図に示すように、図3(B)のような切断部5aのない全周に亘って連続したパターンとなっている。

【0038】さらに、既に述べたと同様の処理の繰り返しにより、図4(E)に示すように、第2絶縁膜7上に2層目金属9(トランジスタ部での配線に使用、右側の平面図では図示せず)を形成し、図4(F)に示すように、その表面に第3絶縁膜10と接続孔(図示せず)を形成し、この第3絶縁膜10にフェンス状に設けた溝に3層目の埋め込み金属層11を、上記接続孔にコンタクト金属(図示せず)を夫々埋め込む。次いで、第3絶縁膜10上の埋め込み金属層11の外側、つまり受光部3の真上を除く総てを覆うように、図4(G)の如く遮光膜としての3層目金属12(右側の平面図では図示せず)を形成する。これによって、受光部3以外の部分への光の入射を完全に防ぐことができる。なお、上記3層目金属12は、受光部3がアレイ状に並んだ受光領域外側の図示しない周辺回路部においては、遮光用のみならず配線用としても用いられる。

【0039】その後、図5(H)に示すように、第3絶縁膜10および3層目金属12を覆うようにシリコン窒化膜および燐を含んだシリコン酸化膜により表面保護膜13、14およびレンズ下地としてのアクリル系材料からなる平坦化膜15を順次形成し、最後に、図5(I)に示すように、マイクロレンズ16をアクリル系材料で形成して固体撮像素子を完成する。

【0040】上記構成の固体撮像素子は、次のように動作する。固体撮像素子の受光部3は、図1(B)、(C)で述べた受光部23の真上以外を平面的な金属膜29、37で覆われた従来のものと異なり、図1(A)に示すように、マイクロレンズ16から受光部3へ垂直に入射する光の光路以外の部分が、埋め込み金属層19と遮光用の3層目金属12で3次元的にフェンス状に覆われた構造となっていて、受光部3以外の領域を完全に遮光している。しかも、埋め込み金属層19は、図1(A)の矢印の如くマイクロレンズ16を経て入射した光を反射して受光部3に導く導波効果をもつ。従って、斜めからの入射光や乱反射光が受光部3以外のドライブ用トランジスタ等に入射しないから、このような光によって撮像画像に現れるノイズを無くすることができる。また、遮光用の金属12を半導体基板1から離れた3層目に設けても、受光部3への入射光量が減少しないので、マイクロレンズ16に近い位置で集光することができ、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも対応することができる。

【0041】図6は、請求項2,3に記載の固体撮像装置の一実施形態としての固体撮像素子の断面図である。この固体撮像素子は、図2の固体撮像素子では、図3(B)で述べた第1埋め込み金属層5のための溝を第1絶縁膜4にエッチングで形成する場合、受光部3周辺の素子分離絶縁膜2が薄いと、エッチングを素子分離絶縁膜2中で止める制御が難しくなる点、および図3(D);(F)で上下の埋め込み金属層5,8;8,11を位置合わせして重ね合わせるのが難しい点を改善したものである。上記固体撮像素子は、第1埋め込み金属層5の下部にフ

ローティングゲート17が設けられ、第1,第2埋め込み金属層5,8および第2,第3埋め込み金属層8,11の間に受光部3を囲む遮光用の金属層として夫々1層目メタル6,2層目メタル9が設けられている点のみが図2の固体撮像素子と異なるので、同一構成部材には、同一番号を付して説明を省略する。

【0042】上記フローティングゲート17は、受光部3から出力される電流信号のオン・オフを制御、あるいは電流信号を増幅するトランジスタのフローティングゲート電極であり、上部の絶縁膜を介して第1埋め込み金属層5に連続するとともに、第1埋め込み金属層5の溝よりも広い幅を有し、上記トランジスタのゲート電極形成と同一工程で形成される。上記遮光用の金属層としての1層目メタル6および2層目メタル9は、具体的にはフローティング配線用の金属膜からなり、夫々上部に連続する第2埋め込み金属層8および第3埋め込み金属層11の溝よりも広い幅を有し、同層で外側にあるトランジスタの配線用メタル6または9と同一工程でこれら配線用メタルに電気的に接続されないように形成される。

【0043】図7(A)~(D),図8(E)~(G),図9(H)~(J)は、図6の固体撮像素子の製造工程を順に示しており、この製造工程は、図7(B)でフローティングゲート17が設けられ、図7(D),図8(F)で遮光用の1層目,2層目メタル6,9が設けられる点のみが図3~図5の製造工程と異なるので、同一工程の説明は省略する。図7(C)の受光部3をフェンス状に囲む第1埋め込み金属層5のための溝を第1絶縁膜4にエッチングで形成する際、これに先立つ図7(B)の工程で素子分離絶縁膜2上にフローティングゲート17が形成されている。従って、受光部3周辺の素子分離絶縁膜2が薄い場合でも、溝のエッチングをフローティングゲート17上で確実に止めることができ、過剰エッチングで半導体基板1がダメージを受けることがなくなる。なお、フローティングゲート17は、トランジスタ部でのゲート電極の形成と同時に形成されるので、これによって製造プロセスの工程数が増加することはない。

【0044】図8(E)の第2埋め込み金属層8を下方の第1埋め込み金属層5に位置合わせして重ね合わせる場合、第1埋め込み金属層5の上には、先立つ図7(D)の工程で遮光用の幅広の1層目メタル6が形成されている

ので、第2絶縁膜7に設ける埋め込み用の溝の位置精度が多少悪くても、第2埋め込み金属層8と第1埋め込み5を1層目メタル6を介して連続的に接続することができ、上下の埋め込み金属層8,5を容易に位置合わせできる。また、図8(G)の第3埋め込み金属層11の第2埋め込み金属層8との重ね合わせにおいても、遮光用の2層目メタル9により同様に位置合わせを容易にすることができる。なお、遮光用の1層目,2層目メタル6,9は、トランジスタ部での配線金属膜の形成と同時に形成されるので、これによって製造プロセスの工程数が増加することはない。

【0045】図10は、請求項4,5に記載の固体撮像装置の一実施形態としての固体撮像素子の断面図である。この固体撮像素子は、図6の固体撮像素子では、図示の如く受光部3をフェンス状に囲む各埋め込み金属層5,8,11の間に遮光用の幅広の1,2層目メタル6,9があつて、その直角隅部が内周面から突出しているため、マイクロレンズ16で集光された光が図1(A)の如く上記内周面で反射されて受光部3へ導かれるとき、上記直角隅部で乱反射されて受光光量が減少するという不具合があるので、これを改善したものである。上記固体撮像素子は、溝(フェンス)状の各埋め込み金属層5,8,11および遮光用の1,2層目メタル6,9の受光部3を囲う面積が、上層になるほど大きく、1,2層目メタル6,9の側面がテーパ状を呈する点を除いて図6で述べた固体撮像素子と同じ構成であるので、同一構成部材には同一番号を付して説明を省略する。第1,第2,第3埋め込み金属層5,8,11の間隔は、この順に上層にいくに伴って層幅の2倍程度ずつ増え、1,2層目メタル6,9は、上記層幅の2倍程度の幅をもつ等脚台形状の断面を呈するとともに、2層目メタル9の間隔が、1層目メタル6の間隔より上記層幅の2倍程度大きく、これらによって上方に向かってテーパ状に広がる連続的な導光面が形成されている。

【0046】1,2層目メタル6,9の等脚台形断面は、これらメタルのエッチング時に側壁保護膜生成(反応生成物)を多くすることによって形成でき、具体的には、ECR型プラズマエッチング装置等を用い、処理室の圧力を1~5Pa、BCl₃ガス流量を50~150sccm、Cl₂ガス流量を10~50sccm、マイクロ波のパワーを300~500W、バイアスRFのパワーを5~50Wにすれば実現することができる。こうして、第1~3埋め込み金属層5,8,11および第1,2層目メタル6,9によって上に向かってテーパ状に広がる導光面が形成されるので、マイクロレンズ16で集光された斜め入射光が妨げられたり乱反射されることなく受光部3に達して、受光光量を一層増すことができ、撮像画像の画質を一層向上させることができる。

【0047】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、請求項1

の発明は、半導体基板上の固体撮像素子の受光部が少なくとも2層以上の溝状の埋め込み金属層によってフェンス状に囲まれているので、マイクロレンズから受光部へ垂直に入射する光の光路以外の部分を総て遮光用金属膜で覆うことで、受光部以外のトランジスタ部等に入射する光を完全に防いで、過剰な光や斜め入射光によるノイズの発生をなくことができ、撮像画像の画質を向上できるうえ、フェンス状の埋め込み金属層が入射光を反射して受光部へ導く導波効果をもつので、集光をマイクロレンズに近い位置で行なうことができ、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも対応することができる。

【0048】請求項2の固体撮像装置は、受光部をフェンス状に囲む埋め込み金属層の下部にフローティングゲートが設けられているので、請求項1の作用効果に加えて、埋め込み用の溝を形成する際のエッチングをフローティングゲート上で止めることができ、製造プロセスの工程数を増加させることなく溝形成エッチングを容易化することができる。

【0049】請求項3の固体撮像装置は、受光部をフェンス状に囲む少なくとも2層以上の溝状の埋め込み金属層の間に受光部を囲む遮光用の金属層が設けられているので、請求項1の作用効果に加えて、この遮光用の金属層の幅を上記金属層の幅よりも大きくすることによって、上下の金属層を容易に位置合わせしつつ連続的に接続することができる。

【0050】請求項4の固体撮像装置は、上記埋め込み金属層および遮光用の金属層の受光部を囲む面積が上層になるほど大きくなっているため、導波効果をもつフェンス状のこれら金属層が上に向かってテーパ状に広がって、マイクロレンズで集光された斜め入射光が妨げられたり乱反射されたりせずに受光部へ達するから、受光光量をさらに増すことができ、撮像画像の画質を一層向上させることができる。

【0051】請求項5の固体撮像装置は、上下の埋め込み金属層間の遮光用金属層の側面がテーパ形状を呈しているため、導波効果をもつフェンス状の金属層の内周面に直角の突起がなくなるから、マイクロレンズで集光された斜め入射光が妨げられたり乱反射されずに受光部へ達し、その結果、受光光量をさらに増すことができ、撮像画像の画質を一層向上させることができる。

【0052】請求項6の固体撮像装置は、上下の埋め込み金属層を繋ぐ遮光用の金属層が、トランジスタやその駆動回路の配線金属膜の形成と同一工程で行なわれるので、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【0053】請求項7の固体撮像装置は、上記溝状の埋め込み金属層として、接続孔の埋め込みに一般的に用いられる高融点金属であるCu・W・TiWの単層膜、またはCu・W・TiWとTiN・TiW・Tiとの複合膜を用

いるので、導波効果をもつフェンス状の埋め込み金属層を、接続孔への高融点金属の埋め込み工程と同一工程で形成でき、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【0054】請求項8の固体撮像装置は、上記遮光用の金属層として、トランジスタの配線に一般的に用いられるAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・Wの単層膜、またはAl・Al-Si・Al-Cu・Cu・WとW・TiN・TiW・Tiとの複合膜を用いるので、遮光用の金属層を、トランジスタの配線工程と同一工程で形成でき、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【0055】請求項9の固体撮像装置の製造方法は、上記受光部を囲むように受光部上の絶縁膜を少なくとも2回以上溝状に除去し、この溝内に金属層を埋め込む工程を含むので、マイクロレンズから受光部へ垂直に入射する光の光路以外の部分を総て遮光用金属膜で覆うことで、受光部以外のトランジスタ部等に入射する光を完全に防いで、過剰な光や斜め入射光によるノイズの発生をなくことができ、撮像画像の画質を向上できるうえ、フェンス状の埋め込み金属層が入射光を反射して受光部へ導く導波効果をもつので、集光をマイクロレンズに近い位置で行なうことができ、将来の画素微細化に伴うアスペクト比の増大にも対応することができる。

【0056】請求項10の固体撮像装置の製造方法は、溝内に埋め込まれる金属層が、トランジスタおよびトランジスタを駆動するための駆動回路の配線接続孔用の金属層と同時に形成されるので、受光部をフェンス状に囲み、導波効果をもつ金属層を、トランジスタやその駆動回路の配線接続孔の形成と同一工程で形成できるから、製造工程数を増やすことなく上記作用効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明と従来の固体撮像装置による集光軌跡を比較して示す断面図である。

【図2】 本発明の固体撮像装置の一実施形態の要部を示す断面図である。

【図3】 図2の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図4】 図2の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図5】 図2の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図6】 本発明の固体撮像装置の他の実施形態の要部を示す断面図である。

【図7】 図6の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図8】 図6の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図9】 図6の固体撮像装置の製造工程を示す要部断面図である。

【図10】 本発明の固体撮像装置の他の実施形態の要部を示す断面図である。

【図11】 従来の固体撮像装置の一例を示す要部断面図である。

【図12】 従来の固体撮像装置の他の例を示す要部断面図である。

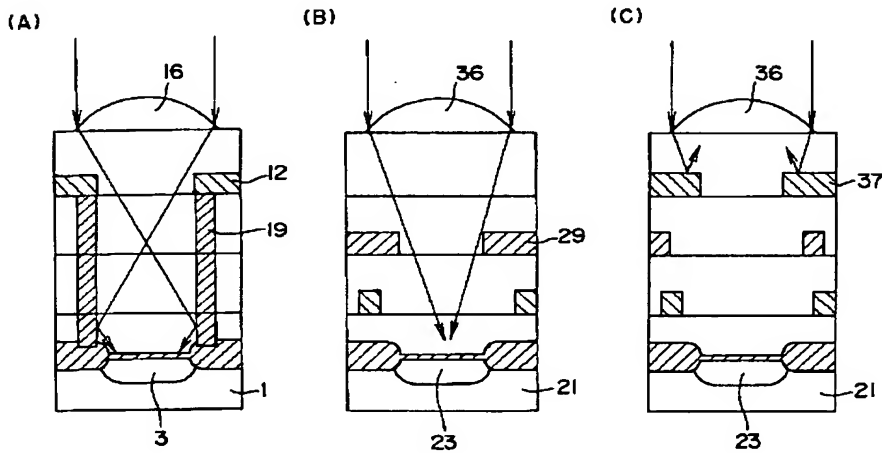
【図13】 従来の固体撮像装置の他の例を示す要部断面図である。

【符号の説明】

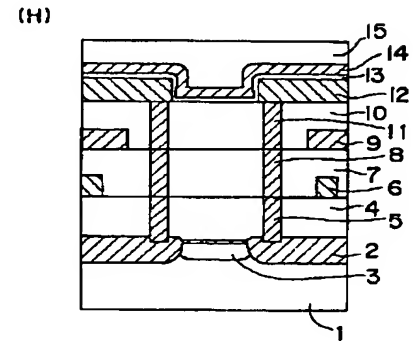
- 1 半導体基板
- 2 素子分離絶縁膜
- 3 受光部
- 4 第1絶縁膜

- 5 第1埋め込み金属層
- 6 1層目メタル
- 7 第2絶縁膜
- 8 第2埋め込み金属層
- 9 2層目メタル
- 10 第3絶縁膜
- 11 第3埋め込み金属層
- 12 3層目メタル
- 13, 14 表面保護膜
- 15 平坦化膜
- 16 マイクロレンズ
- 17 フローティングゲート
- 19 フェンス状の金属膜層

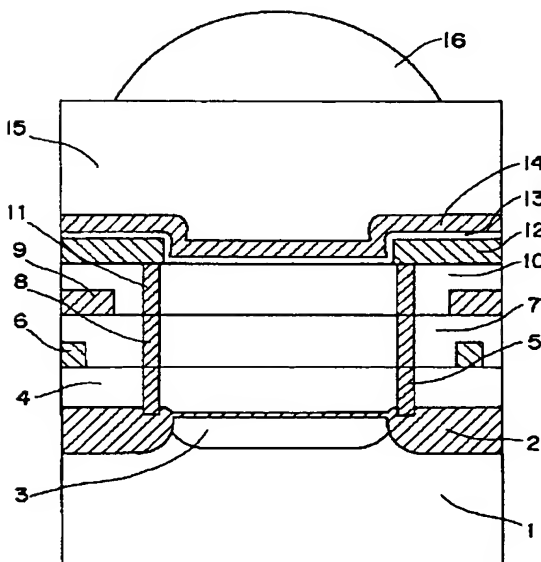
【図1】



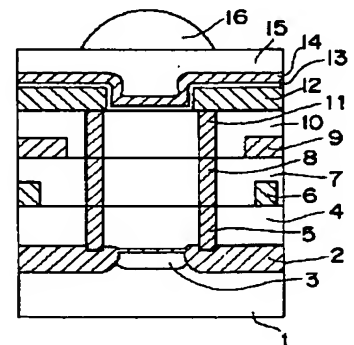
【図5】



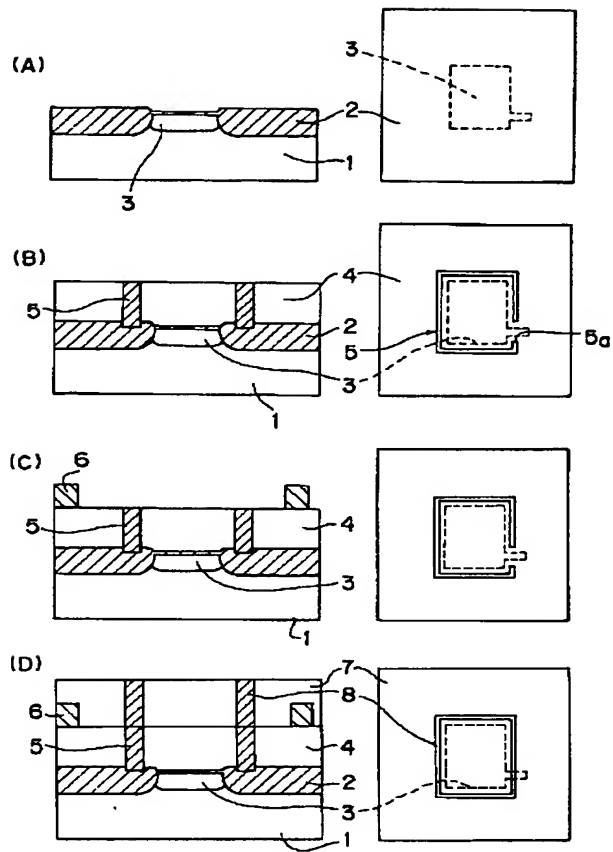
【図2】



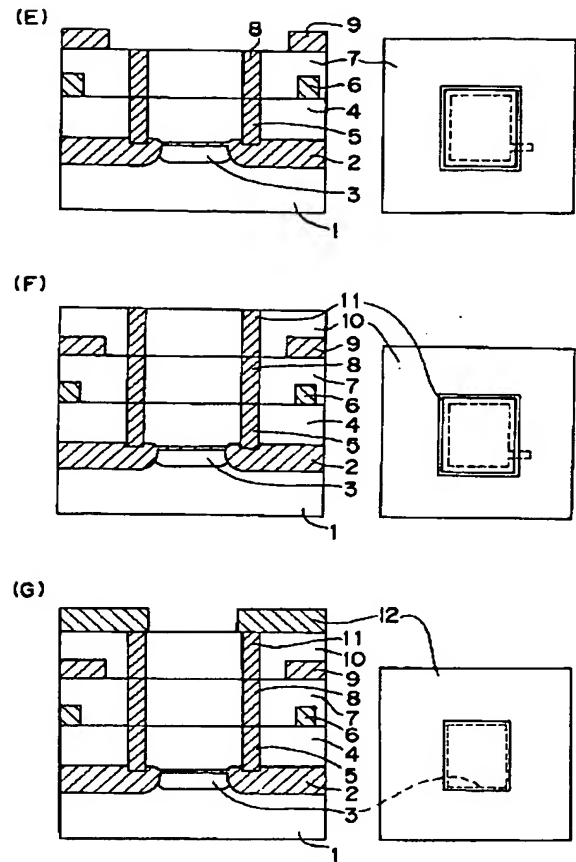
(I)



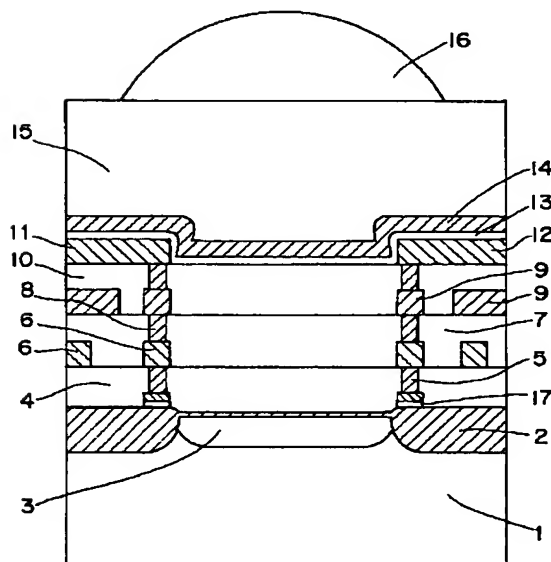
【図 3】



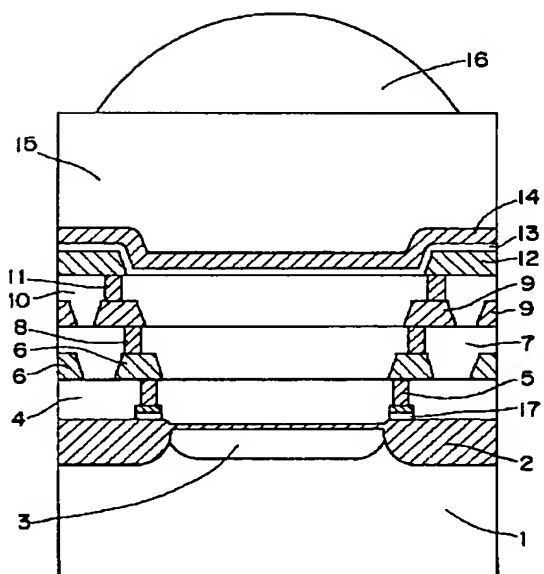
【図 4】



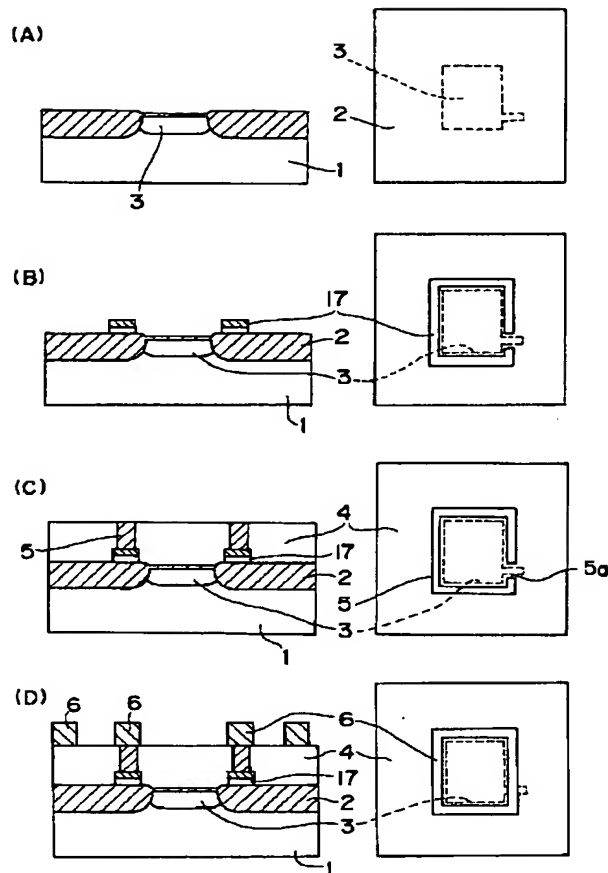
【図 6】



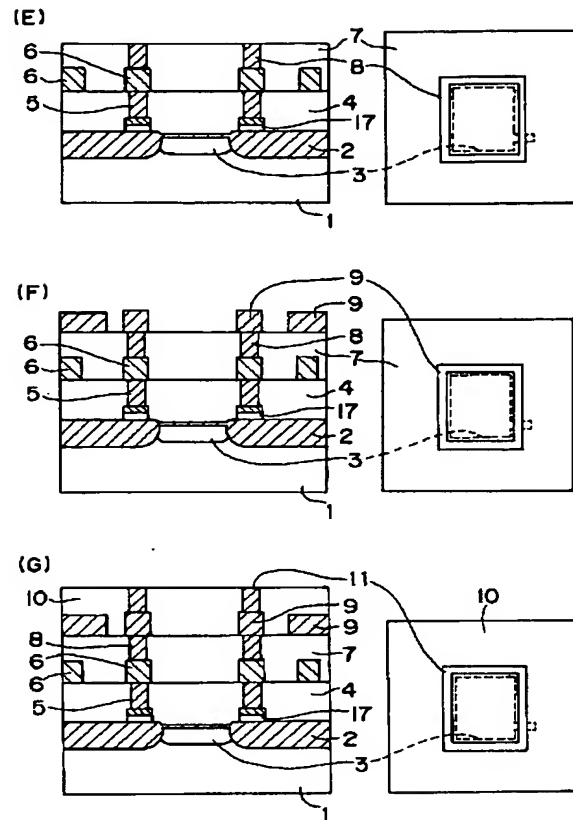
【図 10】



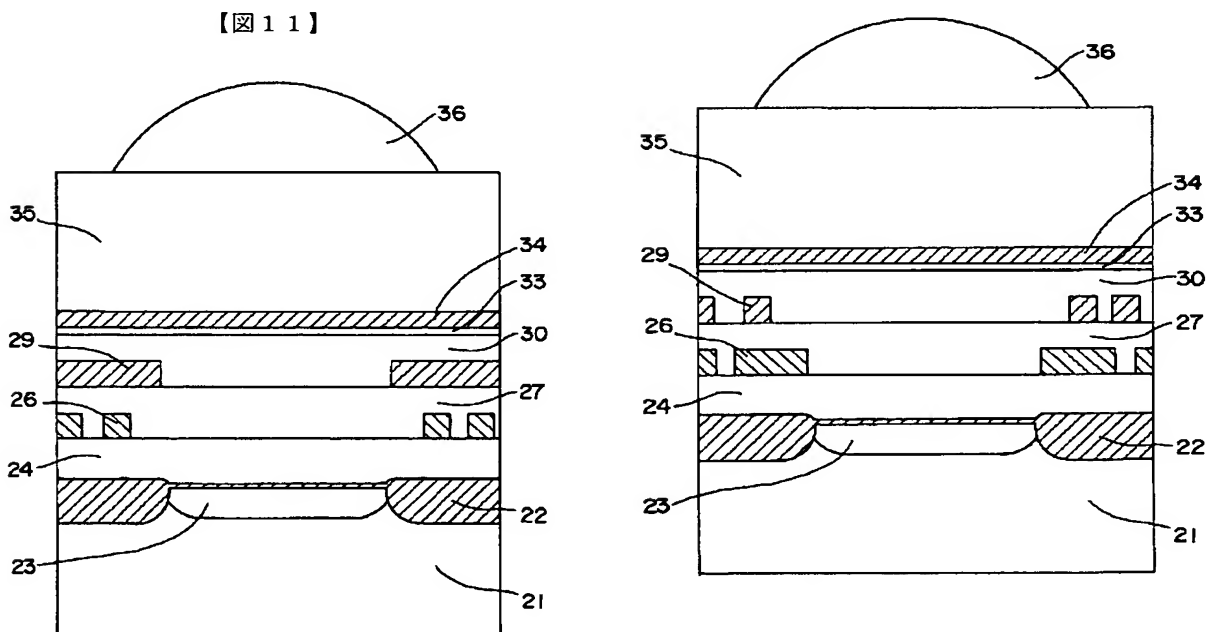
【図 7】



【図 8】



【図 12】



【图 13】

